

---

## СУРЬМА В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ БИОСФЕРЫ: ВОДА, ПОЧВА, РАСТЕНИЯ

Т.С. Кубатбеков<sup>1</sup>, М.Б. Айтматов<sup>2</sup>,  
М. Ибраимакунов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра морфологии животных и ветсанэкспертизы  
Российский университет дружбы народов  
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

<sup>2</sup>Кафедра анатомии  
Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина  
ул. Медерова, 68/а, Бишкек, Кыргызстан, 720000

В статье приведены результаты мониторинга процесса биогенной миграции, трансформации, кумуляции сурьмы в воде, почвах, растениях в Кадамжайской первичной и вторичной сурьмяных биогеохимических субпровинциях (Кыргызстан), определен видовой состав почвенной микрофлоры и дана оценка ее состояния.

**Ключевые слова:** сурьма, вода, почва, растения.

**Актуальность.** Технологическая мощь современной промышленной цивилизации в сочетании с неумением решать экономические и социальные проблемы обернулась жестким глобальным экологическим кризисом, реальность которого подтверждается множеством наблюдаемых изменений окружающей среды.

Экологический кризис не сводится к проблемам загрязнения воздуха, воды, почвы, пищи, как представляется большинству политиков и даже ученых, не говоря уже о населении. Экологический кризис — это нарушение биохимического круговорота в результате разрушения и угнетения человеком естественных экосистем. При этом возникает положительная обратная связь — снижается устойчивость природных сообществ.

Для живых организмов экологический кризис проявляется не только в ухудшении качества окружающей среды во всем многообразии ее факторов, но и в ухудшении «качества» самих живых организмов, в том числе человека.

На юге Кыргызстана — страны, располагающей горнодобывающей промышленностью — существуют регионы с повышенным содержанием тяжелых металлов.

Таким регионом является Кадамжайская биогеохимическая провинция, расположенная на юге Ферганской долины: на прилегающей к ней местности содержание сурьмы, меди, мышьяка, селена и других элементов в десятки и сотни раз превышает предельно допустимую концентрацию.

Чувствительными показателями вредного влияния факторов окружающей среды являются, в частности, почвенные микробиоты, гормоны надпочечника, гипофиза щитовидной железы, а также иммунная система животных. Научный поиск в этом направлении имеет большое прикладное значение.

Полученные нами результаты дополняют научные данные [1—3] о процессе биогенной миграции, трансформации, кумуляции сурьмы и ее соединений в среде (почвах — пахотных, пастбищных угодий, растениях — надземной части; природных водах и в организме животных) Кадамжайской первичной и вторичной биогеохимической субпровинциях.

**Целью настоящей работы** явилось изучение биогенной миграции, кумуляции и трансформации сурьмы в природных водах, почвах (в горизонтах А, В — пахотных и пастбищных угодий), в растительном покрове (надземной части), влияния ее на количественный и видовой состав почвенных микроорганизмов в первичной и вторичной сурьмяных биогеохимических субпровинциях за последние 10 лет (2002—2012 гг.).

**Материалы исследования.** В основу настоящей статьи положены материалы, полученные в результате выполнения научно-исследовательских работ лабораторией биоэкологии Кыргызского национального аграрного университета, Российским университетом дружбы народов, а также результаты экспериментов, проведенных в естественных условиях на различном расстоянии от источника техногенного выброса сурьмяного комбината.

С целью выявления особенностей миграции, трансформации и кумуляции сурьмы и ее соединений в природных условиях за период 1991—2000 гг. отобраны и исследованы 310 проб на расстоянии 10, 20, 40 км (первичная сурьмяная провинция — ПСП); 60 и 100 км (вторичная сурьмяная провинция — ВСП) от источника техногенного выброса комбината, из почвенных горизонтов А, В (0—25 см; 25—50 см).

Материалом для исследования содержания, кумуляции и трансформации сурьмы и ее соединений в растительном покрове послужили 8 видов травянистых растений (одинаковой фазой вегетации), собранные в 2002—2011 гг. как в первичной, так и во вторичной сурьмяных субпровинциях.

**Результаты исследований.** Кыргызстан славится своими природными богатствами, в том числе питьевой водой высокого качества. Однако в некоторых регионах страны качество питьевой воды не вполне соответствует ожиданиям.

Исходя из целей и задач исследования, мы изучали содержание сурьмы и ее соединений в природных водах, шахтных колодцах, артезианских скважинах и других источниках воды, которыми регулярно пользуются и употребляют из них воду и люди, и животные. Содержание сурьмы в природных водах, родниках, шахтных колодцах и артезианских скважинах колеблется в пределах от 0,63—0,67 мг/л; 0,89—0,96 мг/л и 0,14—0,23 мг/л соответственно: в шахтных колодцах концентрация соединений изучаемого элемента оказалась больше, что, по-видимому, связано с содержанием сурьмы в породах в местах выхода природных вод на поверхность.

За 10—12 лет после последнего мониторинга концентрация элемента в реках данного региона уменьшилась на 22—33%. Вероятно, это связано с уменьшением объема работы комбината и, соответственно, выброса пыли руды в окружающую среду.

Из представленных в табл. 1 данных видно, что уровень содержания сурьмы в почвах изучаемой нами субпровинции изменчив и зависит, с одной стороны, от горизонта и родов почв, с другой стороны — от расстояния источника техногенного выброса — Кадамжайского сурьмяного комбината.

Таблица 1

Содержание сурьмы в почвах региона

Глубина слоя (см)	Количество объектов	Сурьма, мг/кг воздушно-сухого вещества	
		Почвы пастбищных угодий	Почвы пахотных земель
0—25	23	0,52 ± 0,01	0,36 ± 0,001
25—50	30	0,49 ± 0,03	0,28 ± 0,02

Почвы в районе рудного комбината содержат сурьму в количестве от 0,29 мг/кг до 0,39 мг/кг даже на расстоянии до 40 км от рудника. По мере удаления от комбината концентрация элемента в почвах варьирует. Уровень сурьмы в верхнем гумусовом горизонте почвы (0—12 см) пастбищных угодий достигает 0,45 мг/кг, а в пахотных землях — 0,52 мг/кг соответственно. За последние 17—18 лет концентрация элемента в исследованных нами объектах снизилась на 1,1—1,2 раза [1—3].

При анализе почв из разной глубины на пастбищных и пахотных угодьях установлены явные различия. Так, в пробах почв, собранных из пастбищных угодий (0—25 см и 25—50 см), содержание сурьмы составило 0,52 мг/кг и 0,49 мг/кг соответственно, тогда как в почвах пахотных земель эти показатели были в 1,04 и 1,19 раза ниже. При этом на посевных площадях контрольного района концентрация сурьмы варьирует от 0,25 мг/кг до 0,65 мг/кг, т.е. в среднем составляет 0,45 мг/кг воздушно-сухой массы. В нижележащих слоях почв пахотных угодий содержание сурьмы по сравнению с пастбищными землями значительно меньше — 0,41 мг/кг. Уменьшение содержания элемента как в пастбищных, так и в пахотных землях биогеохимической провинции объясняется уменьшением объема работы комбината, ограничением поступления концентратов из России и Таджикистана и естественным промыванием среды.

Мы изучали также содержание, трансформацию и кумуляцию сурьмы и ее соединений в растительном покрове (табл. 2).

Растительный покров в первичной сурьмяной субпровинции отличается чрезвычайно высоким содержанием сурьмы. Из табл. 2 видно, что бобовые и зерновые культуры накапливают и содержат указанный элемент в больших количествах, нежели дикорастущие травянистые растения. Повышенный уровень содержания сурьмы отмечается у люцерны, рапса и в грубых кормах (соломе пшеницы и ячменя).

Содержание сурьмы и ее соединений в природных водах, в почве (горизонтах А, В) пастбищных и пахотных угодий, надземных частях растений в первичной сурьмяной субпровинции были в 9,6; 9,5 и 1,5 раза больше, чем во вторичной сурьмяной субпровинции. Пастбищные и ландшафтные растения кумулируют исключительно высокие концентрации сурьмы. Осока и люцерна наиболее адекватно отражают величину сурьмяной нагрузки на экосистему; их возможно использовать как биологический маркер при мониторинге окружающей среды.

Содержание сурьмы в травянистых и культурных растениях

Растение	Концентрация сурьмы (мг/кг сухого вещества)
Полынь	$2,9 \pm 0,36$
Осока толстолобиковая	$5,6 \pm 1,1$
Тысячелистник Биберштейна	$3,6 \pm 0,62$
Молочай ферганский	$1,8 \pm 0,32$
Люцерна	$9,9 \pm 2,1$
Рапс	$12 \pm 3,2$
Пшеница	$3,6 \pm 1,2$
Грубые корма	$7,5 \pm 3,2$

Тяжелые металлы существенным образом влияют на численность, видовой состав и жизнедеятельность почвенной микробиоты, которая может быть задействована для мониторинга с целью быстрого и эффективного установления уровней загрязнения экосистем.

В рамках настоящего исследования изучалось влияние тяжелых металлов, в частности соединений сурьмы, на количественный и видовой состав почвенных микроорганизмов, при этом среди них выявлялись как наиболее чувствительные, так и наиболее устойчивые к загрязнению виды — в качестве биоиндикаторов для диагностики.

Результаты исследований показали, что содержание сурьмы и ртути в почвах варьирует в широких пределах. При этом концентрация этих элементов приурочена к почвам, расположенным вблизи от источника загрязнения (в почвах, находящихся на расстоянии 800 м, 2 км, 5 км, 25 км от источника техногенного выброса — комбината).

При этом обнаружены существенные различия в численности микроорганизмов по сравнению с контролем: так, на расстоянии 2 км от комбината численность микроорганизмов была ниже в 10 раз, в 800 м от источника техногенного выброса выявлены лишь два вида грибов, а рост бактерий и актиномицетов не отмечался.

Установлена различная чувствительность микроорганизмов к тяжелым металлам. Наиболее чувствительными к соединениям сурьмы оказались актиномицеты — их количество заметно уменьшилось уже на расстоянии 5 км от источника техногенного выброса. Несколько более устойчивы виды *Aspergillus* и *Mucor*. Среди обнаруженных спорообразующих форм бактерий в этом регионе не было выявлено ни одного штамма *Bac. thuringensis*.

Следовательно, на жизнедеятельность почвенной микробиоты угнетающее влияние оказывают высокие концентрации сурьмы, выбрасываемые в окружающую среду Кадамжайским комбинатом. При мониторинге среды Кадамжайской биогеохимической провинции маркером могут служить актиномицеты и *Bac. thuringensis*.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Айтматов М.Б., Кожеков Д.Н., Асамидинов А. Содержание и трансформация сурьмы и ртути в звене почва—растения в сурьмяно-ртутной биогеохимической провинции юга республик. — Совершенствование мер борьбы с болезнями с.-х. животных. — Ч. 1. — Бишкек, 1994. — С. 54—63.

- [2] *Малгаждаров М.С.* Уровень гамма-облучения и динамика содержания радиоактивных веществ в зоне чрезвычайного радиационного риска радиационного риска // *Наука и новые технологии*. — 2008. — № 3. — С. 14.
- [3] *Быковченко Ю.Г., Быкова Э.И., Белеков Т. и др.* Техногенные загрязнения ураном биосферы Кыргызстана. — Бишкек, 2005.

## **ANTIMONY IN NATURAL-TECHNOGENIC CONDITIONS OF THE BIOSPHERE: WATER, SOIL, PLANTS**

**T.S. Kubatbekov<sup>1</sup>, M.B. Aitmatov<sup>2</sup>,  
M. Ibraimakunov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of morphology and veterinary sanitary inspection  
Russian People's Friendship University  
*Miklucho-Maklay str., 8/2, Moscow, Russia, 117198*

<sup>2</sup>Department of anatomy  
Kyrgyz national agrarian University K.I. Skryabin  
*Mederova str., 68/a, Bishkek, Kyrgyzstan, 720000*

Monitoring: the process of biogenic migration, transformation, accumulation of antimony in the water, soils, plants in the Kadamjai primary and secondary antimony biogeochemical subprovince (Kyrgyzstan), is determined by the species composition of the soil microflora and adequately assessed their condition.

**Key words:** antimony, water, soil, plants.